技術名	ICTによる大規模浄化土壌対策
番号	No.3-8
発注者	―
施設名	敷地造成
所在地	大阪市内
工事名称	―
施工期間	2007年3月～2011年8月
施工者	(株)間組（現・(株)安藤・間）
キーワード	掘削管理システム、土壌洗浄処理

(1) 概　要

本工事の大規模浄化対策事例は、敷地面積約21ha、総掘削土量112万m^3、88.6万m^3の汚染土壌を浄化する工事である。1日最大3,000m^3の汚染土壌を処理できる国内最大規模の大型土壌洗浄プラントによる土壌洗浄処理を基本として、洗浄に不適な汚染土壌は場外搬出処理とした。また、総土量300万m^3を超えるGISとGPSを組み合わせた「掘削管理システム」を独自に開発、運用することとした。

(2) 技術詳細

1) 工事概要

対象地は、大阪市内の埋立地で、開発工事に先立ち土壌対策工事を行うものである。

浄化方法は主に現位置浄化技術の「土壌洗浄処理」とし、汚染の濃度が高いなどの洗浄に不適と判断された一部の汚染土壌については「場外搬出処理」を行う計画とした。**表-1**に工事概要を示す。

表-1 工事概要

項目	概要
工事場所	大阪市内（埋立地）
敷地面積	21.5ha（1期9.7ha、2期11.8ha）
工事期間	2007年3月～2011年8月（休止期間含む） 1期　2007年3月～2008年4月 2期　2008年4月～2011年8月
浄化方法	掘削除去（現地土壌洗浄＋場外搬出）
汚染状況	重金属9物質による土壌汚染 主な物質は鉛・ひ素・ふっ素
掘削土量	112万m^3　（1期56万m^3、2期56万m^3）
汚染土量	88.6万m^3（1期44.5万m^3、2期44.1万m^3）
土壌洗浄	66.0万m^3（1期40万m^3、2期26万m^3）
場外搬出	16.5万m^3

2) 汚染概要

土壌汚染状況調査は、敷地全体の盛土層を対象に、100m^2毎に重金属9物質の深度調査を実施し、2,181地点のうち2,102地点において基準の超過が確認された（**表-2**）。基準を超過した主な物質としては、鉛、砒素、ふっ素であった。

3) 施工計画

① 掘削土の取り扱い

掘削土の取扱いフローを**図-1**に示す。汚染土、非汚染土を区分して掘削し、さらに汚染土は洗浄処理するもの、洗浄に不適なため場外搬出するものに区分している。洗浄処理した土壌は100m^3毎以下に1回の頻度で該当する汚染物質について分析を行い、基準に適合していることを確認後に、非汚染土とともに埋戻しに使用した。また、土壌洗浄処理により汚染

物質濃縮された汚泥（脱水ケーキ）は、場外搬出処分とした。

② 土壌洗浄プラント

本工事で採用した土壌洗浄処理フローを**図-2** に示す。現地に設置した土壌洗浄プラントは、汚染土壌を洗浄水により洗浄・分級する土壌洗浄設備（ドラムウォッシャー、トロンメル、微砂回収装置、サイクロン）と、洗浄後に発生する濁水（有害物質が濃縮された土砂の細粒分を含む）を処理する水処理設備（濁水処理設備、汚泥脱水プレス）に大別される。

③ 掘削土の管理区分

掘削した土壌は 16 種類に区分して管理を行った（**表-3**）。洗浄対象土は 4 区分、場外搬出汚染土は、処理先が異なることや現場内での取り扱い方法が異なるなどの理由で 11 区分にして管理する必要があった。

4）情報化施工技術（掘削管理システム）

本システムは、GIS と GPS を組み合わせた情報化施工技術（建設 ICT）である。

① 掘削計画システム

本システムは、職員が当日の掘削作業完了後に実施する掘削計画作成や掘削実績管理業務を支援するもので、**表-4** に示す仕様となっている。**図-3** には地盤情報表示例（掘削計画メイン画面）を示す。施工ヤードを立体的に表現するのではなく、平面図に縦断図と横断図を並列表示させ、また、1 つの平面ブロックに対する深度方向の断面図を同一画面に表示することで擬似的な 3 次元表示を実現し、情報の見える化に対応している。

掘削計画を行う際には、**図-4** に示す画面をパソコンに表示させ、土壌洗浄設備の能力と掘削作業の進捗、使用可能な掘

表-2 土壌調査結果要

分析項目	超過地点数／調査地点数	超過層数／調査層数	最大値	基準値
ｶﾄﾞﾐｳﾑ（含有量）	28／2181	36／17308	5400mg/kg(36倍)	150mg/kg以下
ｾﾚﾝ（含有量）	1／2181	1／17308	690mg/kg(4.6倍)	150mg/kg以下
鉛（含有量）	1064／2181	1934／17308	29000mg/kg(190倍)	150mg/kg以下
砒素（含有量）	36／2181	40／17308	8700mg/kg(58倍)	150mg/kg以下
ふっ素(含有量)	233／2181	392／17308	340000mg/kg(85倍)	4000mg/kg以下
ｶﾄﾞﾐｳﾑ(溶出量)	55／2181	58／17308	2.4mg/L(240倍)	0.01mg/L以下
六価ｸﾛﾑ化合物(溶出量)	39／2181	48／17308	5.0mg/L(100倍)	0.05mg/L以下
ｼｱﾝ化合物(溶出量)	44／2181	60／17308	35mg/L(350倍)※1	検出されないこと
水銀(溶出量)	73／2181	80／17308	0.018mg/L(36倍)	0.0005mg/L以下
ｾﾚﾝ(溶出量)	279／2181	383／17308	6.1mg/L(610倍)	0.01mg/L以下
鉛(溶出量)	1292／2181	2415／17308	5.2mg/L(520倍)	0.01mg/L以下
砒素(溶出量)	1798／2181	4829／17308	37mg/L(3700倍)	0.01mg/L以下
ふっ素(溶出量)	1317／2181	2909／17308	22mg/L(28倍)	0.8mg/L以下
ほう素（溶出量）	151／2181	214／17308	38mg/L(38倍)	1mg/L以下

※1：定量下限値の0.1で倍数を計算

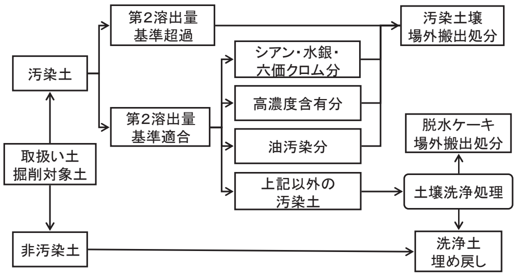

図-1 掘削土の取扱いフロー

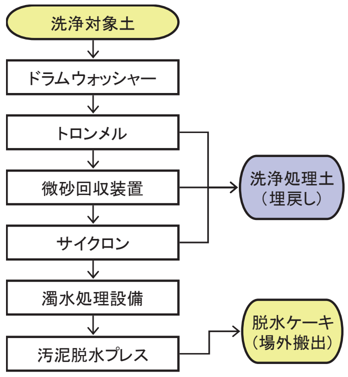

図-2 土壌洗浄処理フロー

表-3 掘削した土壌の管理区分

管理区分	汚染内容
汚染土 （土壌洗浄） 4区分	汚染土扱い
	含有基準超過
	溶出基準超過
	含有基準超過 ＋ 溶出基準超過
汚染土 （場外搬出） 11区分	油汚染のみ
	油汚染 ＋ 重金属等による汚染土壌扱い
	油汚染 ＋ 含有量基準超過
	油汚染 ＋ 溶出量基準超過
	油汚染 ＋ 含有量基準超過 ＋ 溶出量基準超過
	カドミウム、鉛、フッ素の高濃度含有分
	カドミウム、鉛、フッ素の高濃度含有分 ＋ 溶出量基準超過
	シアン、水銀、六価クロムの溶出量基準超過
	シアン、水銀、六価クロムの溶出量基準超過 ＋ 含有量基準超過
	第2溶出量基準超過
	第2溶出量基準超過 ＋ 含有量基準超過
非汚染土	非汚染土

削機械を勘案して、「ブロックくずしゲーム」のような要領で翌日の掘削ブロックをマウスで選択確定させる。このようにして選定された掘削ブロックに付随する情報をデータベース内で自動集計することによって、処理レベル別土量集計表や掘削機械オペレータに掘削ブロック名を指示する作業指示書などを作成することができる。

② 掘削管理システム

本システムは、掘削機械の施工支援を目的として開発したもので、マシンガイダンスシステムと位置づけることができる。

土対法にしたがい、対象地盤を縦 10m×横 10m、深度方向に１ｍ間隔でブロック分割した調査結果に基づき、掘削施工を実施している。**写真-1** 中央には、多段での掘削状況を示す。

このように汚染土壌を薄くはぎ取りながら、丁寧に施工するためには、掘削機械の３次元的な位置をリアルタイムで把握しておく必要がある。

そこで、本システムでは、RTK-GPS を中核にしてシステムを開発した。当工事では、1 箇所に GPS 基準局を設置し（**写真-2**）、６台のバックホウに移動体用 GPS を搭載し（**写真-3､4**）、1 人の作業員に測量用 GPS を可搬させている。基準局からの RTK 位置補正データの送信には、RTK 方式運用に多用されてきた特定小電力無線よりも送信出力の大きい小エリア無線を用いてより確実な無線伝送を行っている。

③ 掘削計画システムで取り扱う情報（データ）

土壌汚染対策法に基づく土壌浄化工事を、効率的かつ経済的に遂行し、施工履歴をきちんと示すことができる情報を漏れなく記録するという観点から。本システムでは、**表-5** のような情報を保存し、閲覧できるデータベースを構築している。

表-4 掘削計画システムの概要

項目	内容
ＰＣ	汎用パソコン　１台　LAN 非対応
ＯＳ	Windows XP
解析部	ハザマオリジナル
ﾃﾞｰﾀﾍﾞｰｽ	MS-Access
電子図面	現場平面図を番地化した 10m区画図 全域：平面図・横断図・縦断図 各ブロック：断面図

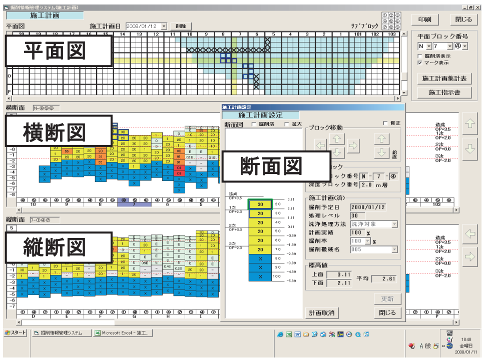

図-3 地盤情報表示例

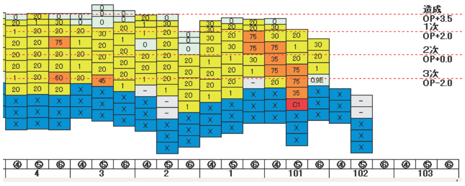

図-4 地盤情報表示例（拡大）

写真-1 掘削状況

写真-2 GPS 基準局

(3) 結　果

システムの導入効果として以下の３点が挙げられる。

・対象地盤の汚染状況把握や建設機械の最適配置などが迅速化され、掘削作業の最適化と施工管理の省力化が飛躍的に進むことが確認でき、その結果、品質向上と工程短縮において大きな効果を発揮できることが判明した。

・汚染土壌の掘削履歴や処理土のトレーサビリティが自動的に確保できることとなるため、品質証明の点においても優れたシステムといえる。**図-5** に、掘削実績情報や埋戻し実績情報をデータベースに登録する画面を例示する。

・建設機械オペレータは GPS を用いることで３次元的な自己位置把握が可能となったことにより、位置座標を基準に、事前に準備されたデータベースを参照することで、まさに今掘削している土壌の管理区分を瞬時に確認することができる。その区分はパソコン画面に表示されるため誤認することがなくなり、的確な次作業指示につながっている（どのヤードに運搬する土壌を掘削しているのかが一目瞭然となった）。

写真-3 掘削機械に搭載した GPS 基準局

写真-4 掘削機械（運転席内部）

表-5 データベースに保管している情報一覧

設計情報	施工(土工)情報	施工(土工)情報
平面ブロック番号	掘削日	埋戻日
深度ブロック番号	掘削日の天候	埋戻日の天候
ブロック座標値	掘削日の雨量	埋戻日の雨量
ブロック標高値	掘削ブロック(平面)	埋戻ブロック(平面)
処理レベル	掘削ブロック(深度)	埋戻ブロック(深度)
汚染濃度（化学物質ごと）	洗浄処理方法	埋戻材料
	掘削率	転圧機械名
	掘削機械名	概算施工面積
	掘削機械稼働データ	施工基面高
		コーン指数
		合否判定

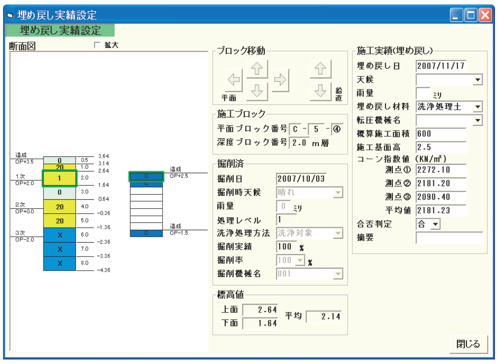

図-5 施工実績情報登録画面

参 考 文 献	電力土木：(株)間組（現・(株)安藤・間）黒台昌弘他 電力土木技術協議会、No. 356、pp97～101、2011. 11
備　　考	－

技術名	GPS 土工管理システム
番号	No.3-9
発注者	日本道路公団静岡建設局
施設名	第二東名高速道路・静岡サービスエリア
所在地	静岡県静岡市小瀬戸地区
工事名称	第二東名高速道路小瀬戸工事
施工期間	2000 年 6 月～2004 年 9 月
施工者	三井住友建設・吉田組共同企業体
キーワード	締固め管理システム

(1) 概　要

第二東名高速道路静岡 SA 建設工事は静岡市小瀬戸地区に、本線および静岡サービスエリア（上り線）を施工するものであり、延長約 1330m、切・盛土工量約 240 万 m^3 の大規模土工事である。**表-1** が特記仕様書やモデル施工で決定された施工規定・仕様である。この大規模な造成工事をスピーディーかつ経済的に行うために、大型重機を用いた厚層締固めを行う工法が適用する必要があった。そこで本工事において、大規模造成工事を短期間かつ経済的に行うために、日本道路公団と共同研究で開発した「GPS を利用した土工管理システム（盛土締固め管理システム）」を大規模道路盛土の締固め管理に適用した。

表-1 施工規定・仕様

項目	内容
使用機械	300kN 級振動ローラ
施工管理	施工規定方式
盛土材料	細粒分混じり礫
転圧回数	8 回
仕上がり層厚	60cm

(2) 技術詳細

1) 技術の特徴

本技術は、盛土締固めに用いる振動ローラに GPS を搭載し、リアルタイムで締固め箇所・転圧回数・転圧層厚などを把握できる盛土の締固め管理システムを用いて、盛土の品質管理を行うものである。品質管理の合理化を推進する道路公団との共同研究のもと、様々な施工試験を行い、道路公団の求める技術基準を満たしていることを検証の上、今回の工事に当初から全面的に導入された。

2) システムの概要

本システムは、GPS 受信機を搭載した盛土の転圧重機（**写真-1**）の走行位置を、正確に捕捉することにより、走行状況、転圧回数をリアルタイムに把握し、高い鉛直精度から盛土の層厚を算出して、盛土の締固め状況を面の情報として使用者に提供するシステムである。本システムは**図-1** に示すように基準局、移動局及び管理局から構成されている。RTK－GPS 測位方式の機器を使用して、平面精度 20 ㎜、鉛直精度 20 ㎜が確保できる。転圧重機の走行軌跡、転圧回数がリアルタイムで転圧重機内モニター画面上に表示され、同時に管理室モニタ

ーで同じ内容を確認できる。

写真-1 GPS 受信機を搭載した盛土の転圧重機
（左から重機上の GPS アンテナ、運転席モニター、座席下の GPS 受信機）

3) 日常の作業の流れ

毎朝転圧作業の開始前に、専用のメモリーカードを重機パソコンに挿入し稼働させる。転圧の状況はリアルタイムに画面に表示されると同時に、施工記録データとしてメモリーカードに保存される。また転圧回数の不足箇所が画面で認められた場合には、その部分の追加転圧を実施する。そして一日の作業終了後に、施工記録が保存されたメモリーカードを回収する。このメモリーカードを事務所に持ち帰り、日本道路公団の帳票出力形式に対応した盛土管理票（図-2）や各種の管理帳票（図-3）を必要に応じて出力する。

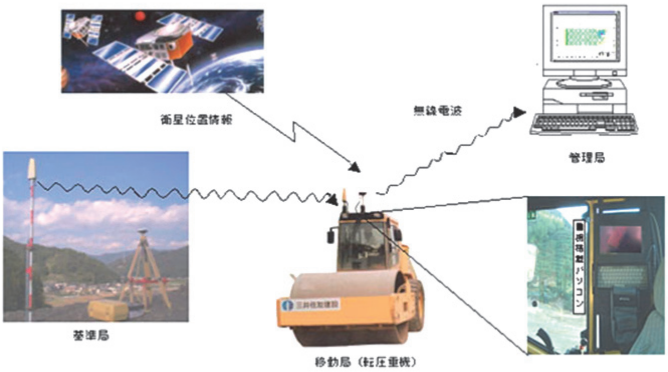

図-1 システムの構成

STA ○○○+○○ LO

測定箇所：L○○○.○○○m

層数	施工日	盛土材料区分	転圧指示回数	一層仕上り厚さ(cm)	計画高さ(m)	施工高さ(m)	施工厚さ(cm)	転圧実施回数(回)	転圧実施回数と転圧指示回数の差(回)
8	2001/12/12	EL-10	8	60	67.364	66.992	22.8	8	0
7	2001/12/11	EL-10	8	60	66.871	66.764	[illegible]	8	0
6	2001/12/10	EL-10	8	60	66.291	66.271	58	[illegible]	[illegible]
5	2001/12/08	EL-10	8	60	65.722	65.691	56.9	8	0
4	2001/12/06	EL-10	8	60	[illegible]	65.122	41.9	8	0
3	[illegible]	[illegible]	[illegible]	60	64.758	64.703	54.5	[illegible]	[illegible]
2	2001/12/03	EL-10	10	60	64.097	64.158	66.1	10	0
1	2001/11/29	EL-10	10	[illegible]	[illegible]	[illegible]	60.8	10	0
0	20--/--/--	-	-	[illegible]	[illegible]	[illegible]	0	0	-

追加された層の分を強調
0層目は管理開始時点での地盤高さ
施工高さの差
前回の施工高さ＋一層仕上がり厚

図-2 盛土管理票

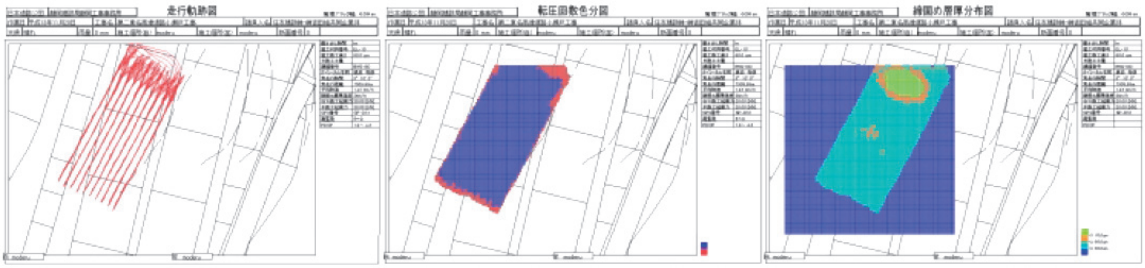

図-3　各種の管理帳票
（左から走行軌跡図、転圧回数色分け図、締固め層厚分布図）

(3) 結　果

1) 導入の結果

①本システムは、報告の合理化および管理基準の明確化を目的として日本道路公団の新帳票出力形式（平成 14 年 4 月導入）に対応している。このシステムの導入により品質管理が迅速化され、また転圧管理の報告書作成にかかわる省力化が一段と向上した。

②従来の品質管理手法（RI 式水分密度計による密度測定等）は、日々重機の転圧作業エリアにおいて計測員が長時間の測定作業を行う必要がある。本システムを導入することにより、GPS を用いる当システムでは、転圧作業エリアに人員が立ち入る必要が全く無くなり、作業安全面で極めて優れた方法であることを確認した。

③工事期間中に集中豪雨に見舞われ、周辺各地で斜面崩壊等の被害が生じたが、本工事区間で造成中の盛土には全く被害が発生することがなかった。したがって、工法によって十分な締固め品質が確保されていることを確認できた。

④過酷な天候においても安定した運用ができるよう、夏季炎天下の高温環境における機器の熱対策、過酷な振動下に置かれる機材の防振を考慮した設置、電子機器の防塵対策、システムの安定化・データ記憶媒体の強化などの各種改善対策を行った。

2) システム開発後の展開

本技術と、GPS による三次元測量と CAD 図面データの解析により出来形断面図作成、土量計算等を行う「道路土工管理システム」を統合（**図-4**、**図-5**）し、同工事に適用した。

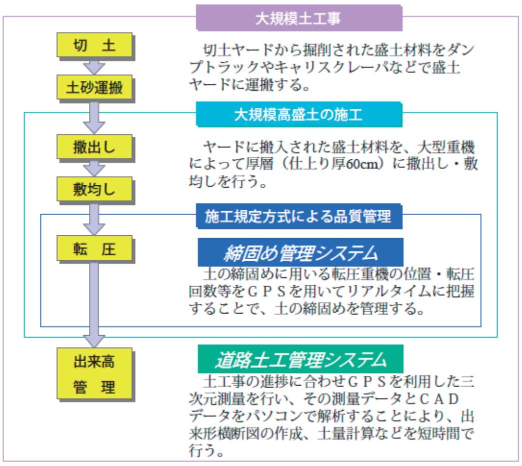

図-4 統合したシステムの運用フロー

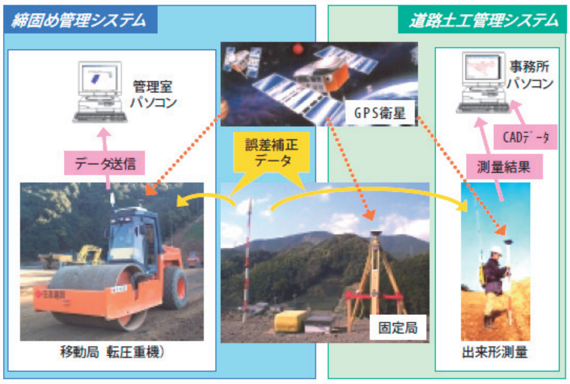

図-5 統合したシステムの構成

参 考 文 献	・道路土工トータル管理システムの現場への適用（その１）（その２）：住友建設(株)　黒川敏広他、VI-428、429 土木学会年次学術講演会講演概要集 Vol.57 No.6、2002 年 9 月 ・プレス発表「GPS 土工管理システムを用いた大規模造成工事が完成－第二東名高速道路静岡サービスエリア建設工事－」三井住友建設(株)、2004 年 5 月 25 日　　URL：http://www.smcon.co.jp/2004/0525854/
備　　　考	－

技術名	TS/GNSS を用いた盛土の締固め技術
番号	No.3-10
発注者	袖ヶ浦市土地区画整理組合
施設名	敷地造成
所在地	千葉県袖ケ浦市
工事名称	袖ケ浦都市計画事業袖ケ浦市袖ケ浦駅海側特定土地区画整理事業に係る造成本体工事他
施工期間	2011 年 7 月～2018 年 3 月
施工者	奥村組・竹中土木 業務代行共同企業体
キーワード	締固め管理

(1) 概　要

GNSS（Global Navigation Satellite Systems：GPS、GLONASS 等の総称）により転圧機械（ブルドーザ）の位置情報を取得し締固め回数を面的に管理する技術を、袖ヶ浦市の土地区画整理事業における宅地造成工事（盛土量約 66 万 m^3）に採用し、その有用性を確認した事例である。

(2) 技術詳細

GNSS によって得られた重機（転圧機械）の位置情報から、施工エリアにおける転圧機械の転圧回数・平面位置を車載モニタにリアルタイム表示することができ、オペレータはモニタを確認しながら施工することで、転圧不足箇所の無い確実な施工を行うことができる（図-1, 2）。また、施工履歴を自動記録し、締固め回数分布図や走行軌跡図等を出力できるため、施工管理要領で求められる管理帳票の作成が簡略化される（図-3）。

図-1 GNSS システム搭載ブルドーザ

図-2 車載 PC モニタ

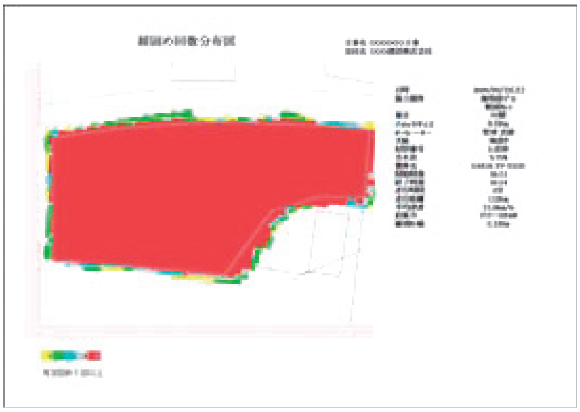

図-3 締固め回数分布図

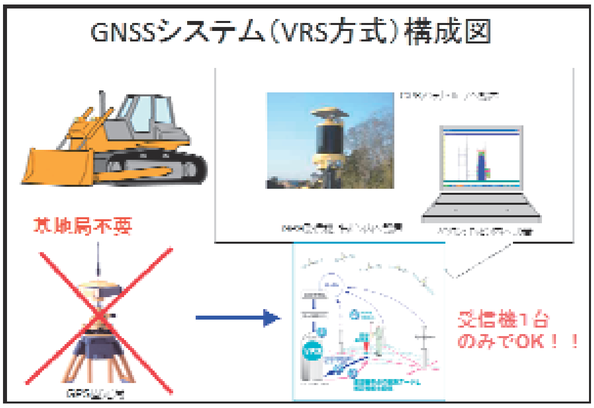

図-4 GNSS（VRS 方式）機器構成

本工事では、重機の位置情報を取得するための方式として GNSS（VRS 方式）を採用した（**図-4**)。本方式は、現場毎に設置が必要な GNSS 基地局を基準点とするのではなく、国土地理院の電子基準点を利用して重機の位置を測定する方式であり、重機本体に搭載する GNSS 受信機 1 台のみで実施できる。そのため、GNSS 基地局を毎日設置・撤去する必要がないことに加え、TS（トータルステーション）方式の弱点であった TS と重機（プリズム）の見通しが利かない場所でも利用が可能である。

(3) 結　果

・盛土施工範囲全エリアの転圧回数を面的に管理することができ、各層毎の盛土品質を確保することができる。

・GNSS（VRS）方式を採用することにより、TS や GNSS 基地局等の機器を日々設置・撤去する手間を省力化できる。

・iPad 等の端末を用いて車載 PC 画面をリモート接続することで、リアルタイムに施工状況を確認できる（**図-5**)。

図-5 iPad による施工管理

参考文献	テクニカルリーフレット：(株)奥村組
備　　考	―

技　術　名	ブルドーザ造成管理システム
番　　　号	No.3-11
発　注　者	①国土交通省関東地方整備局②③関西国際空港用地造成(株)
施　設　名	―
所　在　地	―
工事名称	①東京国際空港D滑走路建設外工事②2期空港島埋立工事（造成その5） ③2期空港島埋立工事（二次揚土その8）
施工期間	①　2005年3月～2010年8月　②　2006年2月～2006年10月 ③　2005年2月～2006年1月
施　工　者	東亜建設工業(株)
キーワード	GNSS敷均し管理、マシンガイダンス

(1) 概　要

ブルドーザー造成管理システムは、地盤高をオペレータに提供して、操作をサポートするマシンガイダンスシステムである。本システムを使用することにより従来の丁張り作業を減らすことが可能である。

(2) 技術詳細

ブルドーザー造成管理システムは、ブルドーザにRTK-GPSを搭載し、設計データを事前に入力する事で造成工事における仕上がり地盤高をブルドーザーのオペレータがリアルタイムに確認しながら施工することができるシステムである（写真-1、写真-2）。

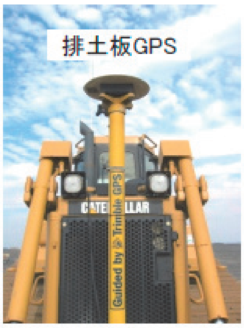

写真-1　システム装備（外観）

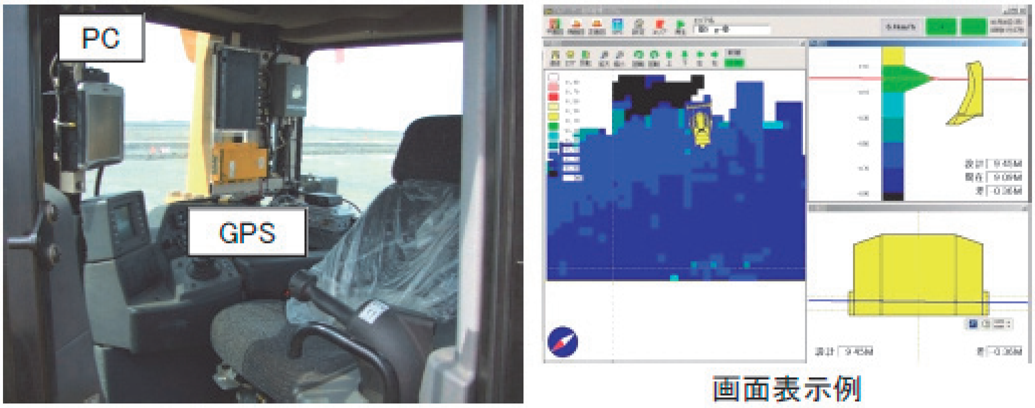

写真-2　システム装備（運転席）

【適用分野】

・造成工事全般

・空港島造成工事

【適用条件】

・携帯等の電波状況および上空視界状況

・携帯電話を使用する場合、電波状況の確認

・無線LANを使用する場合、遮蔽物の有無

(3) 結　果

・現在の地盤高と計画地盤高との差をリアルタイム表示

・丁張り作業を減らし、作業効率と施工精度を向上

・施工位置及び地盤高を自動測量。出来形管理測量に要する時間を軽減し、コスト削減

・完全屋外仕様、防振対策済みユニット内に機器を収納

参 考 文 献	東亜建設工業(株)ホームページ「東亜の技術」（ベルーガ・ネットの関連技術）
備　　　考	―

技　術　名	転圧管理システム
番　　　号	No. 3-12
発　注　者	①国土交通省関東地方整備局②中日本高速道路(株)③関西国際空港用地造成(株)
施　設　名	－
所　在　地	－
工事名称	①東京国際空港Ｄ滑走路建設外工事②第二東名高速道路大渕工事③２期空港島埋立工事（造成その５）
施工期間	①　2005 年 3 月～2010 年 8 月　②2004 年 3 月～2007 年 12 月 ③　2006 年 2 月～2006 年 10 月
施　工　者	東亜建設工業(株)
キーワード	GNSS 締固め管理、転圧回数管理、加速度計による面的管理

(1) 概　要

転圧管理システムは、RTK-GPS によって得られた位置情報をもとに、施工区域内における振動ローラの転圧回数・平面位置をリアルタイムに把握できる。これにより、いままで手間のかかった盛土の締固め作業の管理を効率的かつ正確に行うことができる。

(2) 技術詳細

GPS によって得られた位置情報をもとに、施工区域内における振動ローラーの転圧回数・平面位置をオペレータにリアルタイムに提供するだけでなく、同時に施工後の出来型データ（X，Y，Ｚデータ）の収集が自動で行っている。また目標回数に達しなかった未施工部分も『データ再生機能（ＪＨフォーマット採用)』により施工の引き継ぎや継続が行える仕組みとなっているので、より効率的な転圧管理が可能である（**写真-1**）。

写真-1 システム装備

【適用分野】

・造成工事全般

・空港島造成工事

【適用条件】

・携帯等の電波状況および上空視界状況

・携帯電話を使用する場合、電波状況の確認

・無線LANを使用する場合、遮蔽物の有無

(3) 結　果

・施工環境を考慮した防振・防塵型システム

・振動ローラーの進行方向に追従するナビゲーション画面

・GPS、振動ローラーの状態を常に監視、異状をいち早く伝達

・タッチパネル採用によるイージーオペレーション

・JHフォーマットでの記録、データ再現が可能

・加速度計による地盤剛性値を面的に評価可能

参考文献	東亜建設工業(株)ホームページ「東亜の技術」(ベルーガ・ネットの関連技術)
備　　考	—